



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

"La edad del plástico": una propuesta didáctica basada en la problemática ambiental de los polímeros

Autor/es

JESÚS ÁLVARO IREGUI GÓMEZ

Director/es

ISABEL ESTEBAN DÍEZ

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Física y Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2019-20



"La edad del plástico": una propuesta didáctica basada en la problemática ambiental de los polímeros, de JESÚS ÁLVARO IREGUI GÓMEZ (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

Trabajo de Fin de Máster

"La edad del plástico": una propuesta didáctica basada en la problemática ambiental de los polímeros

Autor

Jesús Álvaro Iregui Gómez

Tutora: Isabel Esteban Díez

MÁSTER:

Máster en Profesorado, Física y Química (M02A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2019/2020

ÍNDICE

1. Resumen / Abstract	3
2. Introducción y Justificación	5
3. Objetivo	9
3.1. Objetivo general.....	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. Marco teórico.....	11
4.1. Asignaturas del módulo genérico	12
4.2. Asignaturas del módulo específico	14
5. Estado de la cuestión	19
5.1. Polímeros y avance tecnológico.....	20
5.2. Polímeros y medio ambiente	22
5.3. Enfoque CTS y estudio de los polímeros en bachillerato	25
6. Propuesta de intervención didáctica	27
6.1. Contexto.....	27
6.2. Metodología	30
6.3. Evaluación del aprendizaje	37
6.4. Recursos necesarios	40
6.5. Medidas de atención a la diversidad	41
7. Discusión	43
8. Conclusiones.....	47
9. Referencias.....	49
10. Anexos.....	53
10.1. Ficha para clasificar materiales.....	53
10.2. “Fabricando medias”	54
10.3. “La cara oculta del reciclaje”	56

1. RESUMEN / ABSTRACT

Vivimos dentro de una sociedad enfocada en un consumismo excesivo y esto ha conllevado que los materiales plásticos, empleados de manera ubicua a nuestro alrededor, terminen en vertederos o en el océano generando una serie de problemas medioambientales. Debemos aprender e interesarnos por estos materiales para entender qué soluciones son idóneas de cara a resolver este problema, y desde los centros educativos los docentes de química en 2º de bachillerato tienen una oportunidad única de abordar estos contenidos, ya que la legislación actual indica que los polímeros y las implicaciones de su uso deben abordarse en esta asignatura.

En esta propuesta de intervención se ha diseñado una unidad didáctica denominada “La edad del plástico”, estableciendo un enfoque CTS que relacione las propiedades de los polímeros con la problemática ambiental y permitiendo que los alumnos sean capaces de relacionar el contenido aprendido con su contexto, aumentando su conciencia ambiental y adoptando hábitos más sostenibles.

We live in a society focused on excessive consumerism and this has meant that plastic materials, employed in all of our objects, are being dumped in landfills or in the ocean, generating an environmental issue. We must learn and be interested in these materials to understand what we can do for solving this problem. The chemistry teachers in the 2nd year of High School have a unique opportunity to address these contents, as polymers and the implications of their use must be addressed in this subject under the current legislation.

In this proposal for a didactic intervention, a didactic unit called "The Age of Plastic" has been designed. An STS approach has been established that relates the properties of polymers with the environmental issues in each of the sessions, allowing the students to acquire the necessary knowledge and also to be able to relate it to their context, increasing their environmental awareness by adopting more sustainable habits.

2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Con este trabajo fin de máster se pretende demostrar que las competencias y conocimientos adquiridos durante la realización de este máster han sido lo suficientemente desarrollados como para llevar a cabo una propuesta de intervención didáctica, en base a las observaciones realizadas durante las prácticas y las necesidades que se hayan considerado por otros motivos.

A pesar de que el periodo de prácticas se haya visto determinado por la pandemia de covid-19 y los alumnos hayamos tenido que adaptarnos a una docencia a través de entornos virtuales de aprendizaje, he podido constatar que en 2º de bachillerato la prueba de acceso a la universidad (EBAU) supone uno de los objetivos primordiales de los profesores y alumnos, de manera que a veces es esta prueba quién dicta los contenidos a tratar en clase, en función de aquellas cuestiones que se repiten con mayor asiduidad en la EBAU. Por ejemplo, durante mi periodo de prácticas mi tutora y yo decidimos, dada la situación de docencia no presencial, que los contenidos dentro de la unidad didáctica de reacciones redox relacionados con la electrolisis no los veríamos en “clase” ya que había poco tiempo, y preferíamos centrarnos en otros contenidos que sí que suelen aparecer en la prueba EBAU.

Por un lado, esta aproximación es entendible, y tampoco es la norma general que rige la enseñanza en este curso. Aun así, es indudable que ciertos contenidos se quedan sin ver en muchas asignaturas, y estos suelen corresponder con aquellos que apenas tienen importancia en esta prueba.

En las pruebas de acceso a la universidad realizadas en La Rioja en la especialidad de Química, desde 2010 hasta el curso pasado, no se ha introducido ninguna cuestión sobre polímeros. Ni siquiera un pequeño enunciado que sea necesario justificar si es cierto o falso. Esto contrasta con lo que se puede apreciar en la sociedad, donde los polímeros, y en concreto su mayor familia, los “plásticos”, están siendo protagonistas en los últimos años de un gran debate.

Quizá hace una década la conciencia ambiental fuese algo menor, o al menos no estuviera tan enfocada en esta problemática. Pero en 2020, es incomprensible que estos contenidos no se traten en una asignatura como Química en 2º de Bachillerato. Aunque sigan sin aparecer en la EBAU, un profesor preocupado por la educación de sus alumnos, por formar a ciudadanos

capaces de tomar decisiones, debe abordar este tema en clase. Además, estos contenidos serían unos candidatos perfectos para llevar a cabo una metodología ciencia-tecnología-sociedad (CTS), relacionando la química de estos materiales con los avances tecnológicos que han permitido y abordando a su vez los problemas medioambientales a los que nos enfrentamos como sociedad por su mal uso.

Otro problema que he encontrado parte de los propios contenidos que se tratan en el libro de texto, en este caso el empleado en mi centro de prácticas (Fontanet, 2016). La clasificación general de los polímeros es adecuada, y también se tratan los dos mecanismos principales de polimerización de manera correcta. Pero no se dedica ninguna frase a explicar porque los plásticos han cobrado tanto protagonismo en nuestra sociedad (es decir, relacionar estos contenidos con los aspectos de nuestra tecnología actual), y peor aun, ninguna a discutir la problemática ambiental que ha generado un mal uso de ellos (solo se hace referencia, en un cuadro de texto lateral separado del texto principal, a que los alumnos se informen por su cuenta e investiguen). Como se verá en el apartado de la propuesta de intervención, estos contenidos deberían aparecer en este libro puesto que forman parte de los estándares de aprendizaje evaluables para esta asignatura en 2º de Bachillerato.

Por todo ello, en este trabajo fin de máster se propone una intervención didáctica empleando un enfoque CTS en un curso de 2º de Bachillerato y en los contenidos relacionados con los materiales poliméricos, debido a las siguientes razones:

- La propia legislación establece que la enseñanza de esta asignatura debe incentivar un aprendizaje que contextualice y establezca la relación existente entre esta ciencia y otras asignaturas, mostrando a su vez la vinculación con la tecnología y nuestra sociedad.
- Los materiales poliméricos, dentro de los cuales se encuentran los “plásticos”, aúnan perfectamente estos tres pilares: la ciencia detrás de ellos es muy interesante, la tecnología que nos rodea es totalmente dependiente de ellos y no podríamos haber alcanzado este grado de sofisticación sin su empleo, y a la vez la sociedad se posiciona cada vez

más en contra de su uso, en medio de una creciente consciencia ambiental.

- A pesar del gran debate social que generan, y nuestra dependencia de los polímeros genera mucha desinformación y es necesaria una mejor formación para entender las implicaciones que tiene su uso, tanto positivas como negativas.
- Debido a la gran cantidad de materia que se debe enseñar en 2º de bachillerato, estos contenidos relacionados con polímeros pueden ser dejados de lado o vistos únicamente por encima, ya que además no tienen ninguna relevancia en las pruebas recientes de EBAU.

3. OBJETIVO

Los objetivos planteados en esta propuesta de intervención didáctica son:

3.1. Objetivo general

- Mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje de los contenidos relacionados con los materiales poliméricos en 2º de bachillerato.

3.2. Objetivos específicos

- Señalar la importancia de abordar contenidos relacionados con los polímeros y su impacto ambiental dentro del aprendizaje de la química.
- Establecer la relación entre las propiedades que presentan los polímeros, su necesidad dentro de la tecnología actual y la problemática ambiental derivada de su gestión tras su vida útil, permitiendo que un docente tenga las herramientas necesarias para abordar la propuesta didáctica de este trabajo.
- Proponer una unidad didáctica que motive al alumnado a interesarse por el papel que juega cada material en su vida cotidiana, entendiendo que todas las opciones tienen ventajas e inconvenientes y partiendo de su interés por el medio ambiente.
- Fomentar el pensamiento crítico y la importancia de la búsqueda de información para construir nuestro propio conocimiento, mejorando las capacidades de los alumnos de filtrar la información de calidad, invitándoles a buscar información para resolver los problemas que se les plantee, y corrigiendo posteriormente esa información indicando si es de calidad o no, y qué motivos llevan a pensar eso.
- Diseñar actividades que permitan a los alumnos adquirir los conocimientos necesarios sobre polímeros a través de un aprendizaje significativo y un enfoque CTS.
- Concienciar a los alumnos de que los materiales plásticos son necesarios desde el punto de vista tecnológico, pero que debemos hacer un uso más responsable de ellos, tanto individualmente como ciudadanos como en conjunto como sociedad.

4. MARCO TEÓRICO

El Máster universitario en profesorado de educación secundaria obligatoria y bachillerato, formación profesional y enseñanzas de idiomas es un requisito para poder ejercer como profesor en España y permite asegurar que los futuros docentes hayan adquirido unas herramientas básicas para poder ejercer la profesión de una manera adecuada y acorde con las necesidades que se observan hoy en día en las aulas. Los objetivos de este máster se agrupan en torno a tres ideas:

- Capacitar a los docentes de secundaria para enseñar, de manera adecuada al nivel y a la formación previa de los estudiantes, las materias de Educación Secundaria correspondientes a la especialidad cursada.
- Formar a los docentes en habilidades que les permitan actuar profesionalmente como miembros de un equipo docente.
- Incorporar en su formación aquellos conocimientos académicos, profesionales de tutoría y orientación que les permitan desarrollar de forma adecuada su labor y les faciliten conseguir una formación integral en sus estudiantes.

Para ello, independientemente de la rama de especialización que haya elegido el alumnado, se cursan tres asignaturas genéricas comunes a todos los grupos, y que tratan aspectos básicos de sociología, pedagogía y psicología. De esta manera el futuro profesorado habrá adquirido al finalizar el máster herramientas que le permitan adecuar el aprendizaje a las distintas situaciones que se encuentre en el aula.

Dentro de la especialidad de física y química se cursan tres asignaturas específicas destinadas a adquirir conocimientos complementarios sobre estas ramas de la ciencia que no se adquieren durante los respectivos grados, conocimientos relacionados con el aprendizaje y la didáctica de estas asignaturas y por último conocimientos sobre los procesos de innovación e investigación docentes relacionados con estas materias.

En todas las asignaturas se ha hecho referencia continuamente a las leyes educativas vigentes que rigen los contenidos, las competencias, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje que deben formar parte de la programación de aula de los docentes. Estas leyes a las que se hará referencia también a lo largo de todo este trabajo son:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.
- Decreto 19/2015, de 12 de junio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se regulan determinados aspectos sobre su organización, así como la evaluación, promoción y titulación del alumnado de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- Decreto 21/2015, de 26 de junio, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se regulan determinados aspectos sobre su organización, evaluación, promoción y titulación del alumnado de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

A continuación, se hará una reflexión sobre los conocimientos y las habilidades adquiridas en cada una de estas asignaturas, permitiendo establecer y señalar las bases en las cuales se ha fundamentado este trabajo fin de máster.

4.1. Asignaturas del módulo genérico

4.1.1. Sociedad, familia y educación (4,5 ECTS)

Para lograr una educación integradora y que atienda a las necesidades del alumnado es indispensable comprender el contexto social que rodea a este. De esta manera el entorno económico, social y familiar debe ser considerado para poder elaborar un proyecto educativo de calidad.

En esta asignatura se han analizado diversos aspectos de la sociedad española en comparación con países de su entorno y aquellos englobados en la OCDE, llevando a cabo trabajos en grupo sobre distintos aspectos de algunos informes educativos de referencia, como el informe PISA. También se han llevado a cabo comparaciones entre distintas comunidades autónomas del territorio español, se han comparado las condiciones laborales y las carreras profesionales en función del género o se han analizado por ejemplo encuestas sobre la formación del profesorado.

Gracias por tanto a esta asignatura he aprendido la importancia de los datos a la hora de hablar de aspectos sociales, de los cuales uno puede tener cierta idea por la información diaria recogida en la prensa, pero aún así acudiendo a la

fuerza de los datos se puede complementar esa información y extraer unas conclusiones propias. Por ejemplo, es algo común pensar que en España estamos sobre cualificados, y esto lo hemos podido comprobar con los datos que proporciona la OCDE donde nos podemos comparar con otros países europeos, como Alemania, y podemos corroborar que el porcentaje de titulados universitarios es superior en España mientras que en Alemania es mayor el porcentaje de personas que se decantan por una formación profesional de grado superior.

Así, a la hora de documentarme para establecer el estado de la cuestión de este trabajo, he acudido a fuentes que proporcionen no solo información sobre España, sino que la sitúen en un contexto más amplio para tener una perspectiva mayor y comprender mejor la sociedad en su conjunto.

4.1.2. Procesos y contextos educativos (4,5 ECTS)

En esta asignatura se han adquirido competencias pedagógicas para entender cómo abordar una clase y disponer de herramientas que permitan lograr que el proceso de enseñanza/aprendizaje sea satisfactorio. Además, se han abordado aspectos como el lenguaje no verbal para controlar el discurso o el currículum oculto, que puede darse en una clase por parte de un profesor que sin querer está haciendo llegar a los alumnos un mensaje del cuál él no es consciente. Este punto es algo que he considerado en este trabajo, ya que a la hora de presentar los contenidos sobre plásticos y medio ambiente he procurado ceñirme a los datos publicados en literatura científica y motivar a los alumnos a expresar su opinión y posicionarse, pero sin mostrar indirectamente mi opinión para no condicionarlos ni transmitir un mensaje personal sin querer.

También se estudiado la organización de un centro educativo, de manera que como futuros docentes sepamos los documentos que rigen el correcto funcionamiento del centro. Además, en los trabajos grupales se ha favorecido por parte del profesor una dinámica de trabajo similar a la que posteriormente nos podremos encontrar en un claustro o consejo escolar, estableciendo un secretario/a que redacte el acta de ese día y dónde se recoja lo que se ha avanzado en la sesión y el reparto de tareas de cara a la siguiente sesión.

4.1.3. Aprendizaje y desarrollo de la personalidad (4,5 ECTS)

Como futuros docentes es fundamental entender, al menos desde una visión global y en los aspectos más básicos, cómo evoluciona el pensamiento y las capacidades cognitivas en función de la edad de los alumnos. Hemos aprendido acerca de los cambios biopsicosociales y el desarrollo de la personalidad en la adolescencia, las diferencias individuales y la interacción entre iguales dentro del aula, y los distintos modelos de enseñanza/aprendizaje.

Estos conocimientos son esenciales a la hora de poder diseñar actividades y unidades didácticas que se adapten a los alumnos en función de las características que se observen en el grupo, la motivación y la responsabilidad en función del curso o los intereses personales en cada uno de los niveles educativos. En las sesiones prácticas de esta asignatura, que son las que se han llevado a cabo durante las sesiones presenciales, hemos podido aprender acerca de aspectos que nos encontraremos en las aulas y que son externos a la mera enseñanza de los contenidos, como son estrategias para comunicarse de manera efectiva con los familiares, cómo abordar problemáticas como el acoso escolar, cómo favorecer un desarrollo positivo del adolescente o cómo controlar el comportamiento en el aula.

4.2. Asignaturas del módulo específico

4.2.1. Complementos para la formación disciplinar. Física y química (6 ECTS)

En esta asignatura se han abordado contenidos que no se recogen en los planes de estudio de las carreras universitarias de química o física pero que resultan de gran interés a la hora de poder articular una actividad en el aula. Hemos aprendido acerca de la historia de la física y la química y no cabe duda de que en un futuro docente emplearemos parte de estos contenidos para reforzar nuestra exposición de los contenidos, ya que no debemos entender la didáctica de las ciencias como la mera explicación de un conjunto de leyes que aplicar para resolver ejercicios, sino que la propia historia de la ciencia nos puede permitir entender el contexto y el orden en el cual se produjeron estos avances y además relacionar estos aspectos con la época en la cual sucedieron. Así, por ejemplo, la ley de gravitación puede presentarse directamente desde Newton, o puede abordarse desde los modelos cosmológicos previos, los problemas de

Galileo con la Iglesia y las implicaciones que supusieron para todo el desarrollo del Renacimiento el pasar de un modelo geocéntrico a un modelo heliocéntrico. Esto puede atraer la atención, en los primeros cursos en los que se abordan estos contenidos, de aquellos alumnos más interesados por aspectos como la historia o la filosofía, permitiendo captar también su atención favoreciendo un mejor proceso de enseñanza/aprendizaje.

Además del interés de estos contenidos, también se han abordado aspectos como el diseño de actividades experimentales, ahondando por ejemplo en las ventajas que pueden aportar los dispositivos móviles a la hora de estudiar la caída libre u otros fenómenos físicos.

Todas estas herramientas nos permitirán como futuros docentes una mayor diversidad de actividades enriqueciendo nuestra metodología didáctica. En el caso concreto de este TFM, la relación de los conocimientos con su contexto ha permitido enfocar los polímeros desde el punto de vista de su necesidad en nuestra sociedad, remarcando a su vez parte de su historia (desde polímeros naturales empleados desde la antigüedad hasta la comercialización del primer polímero sintético).

De esta manera, de esta asignatura he extraído la importancia del enfoque CTS, donde a los contenidos científicos se les acompaña de un contexto (histórico, tecnológico, cultural, social). Así, se remarcarán aportes de los polímeros en la tecnología actual, su impacto en nuestra sociedad de consumo, y se reforzará este enfoque con experiencias prácticas en las que el alumno se involucre de manera activa reforzando este aprendizaje.

4.2.2. Aprendizaje y enseñanza de la física y la química (15 ECTS)

Esta asignatura está enfocada en varios aspectos relativos al proceso de enseñanza de la física y la química. En su primera parte, correspondiente al primer cuatrimestre, se aborda la evolución de las leyes educativas en nuestro país haciendo hincapié en aquellos aspectos claves para nuestra especialidad como pueden ser que asignaturas que podemos impartir son obligatorias y cuales optativas o que cantidad de horas semanales se establecen en La Rioja para cada una de estas asignaturas. En esta primera parte también se han analizado en detalle las ideas previas más comunes en los alumnos de secundaria y bachillerato sobre aspectos fundamentales de la física y la química,

poniendo de manifiesto además la importancia de que como futuros docentes tengamos claros estos aspectos para poder detectar y corregir esas ideas y provocar así un cambio conceptual en el alumno. Para terminar esta primera parte, se llevaron a cabo diversos experimentos en un taller de una hora de duración en un centro educativo (Nuestra Señora del Buen Consejo-Agustinas) donde pudimos apreciar cómo diseñar una actividad de este tipo, qué problemas pueden aparecer el día del taller y cómo mejorar estas actividades de cara a una hipotética futura sesión.

La segunda parte de esta asignatura ha estado dedicada a la elaboración de unidades didácticas, siendo esta elaboración una habilidad que como futuros docentes debemos dominar. Aquí nos hemos centrado en aspectos claves del proceso de enseñanza/aprendizaje como puede ser la evaluación del alumno, quedando claro que todo el proceso debe partir de una estrategia bien planteada de antemano y recogida en la programación de aula para que quede definida correctamente.

Esta asignatura por tanto ha sido una de las más importantes a la hora de desarrollar este TFM, pues no solo he aprendido como elaborar una propuesta de intervención (búsqueda de información en las leyes educativas, diseño de actividades, propuestas de evaluación) sino que la experiencia real de llevar a cabo unas practicas en el instituto me ha permitido comenzar a comprender las necesidades reales de una práctica experimental y los problemas que pueden surgir, lo que ha permitido diseñar unas experiencias de laboratorio más adecuadas a la realidad de una clase dentro de un instituto.

4.2.3. Innovación docente e introducción a la investigación educativa.

Física y química (6 ECTS)

En esta asignatura se han analizado algunas corrientes didácticas que se emplean en la enseñanza de asignaturas de ciencias como la física y la química, llevando a cabo también una reflexión crítica sobre la utilidad real o no de estas corrientes o si la fundamentación académica para implantar una nueva metodología es la suficiente en algunos casos. Hemos aprendido acerca de aspectos básicos de la investigación educativa y hemos elaborado un proyecto de innovación educativa y una propuesta de investigación, lo que debe despertar nuestro interés para que en un futuro docente prestemos atención a la literatura

científica sobre los avances en educación o incluso llevemos a cabo alguna investigación en nuestro entorno educativo.

4.2.4. Prácticum (13 ECTS)

Mi periodo de prácticas ha tenido lugar en el colegio Nuestra Señora del Buen Consejo-Agustinas de Logroño. Durante este periodo, que se ha visto marcado por la pandemia de covid-19 y la suspensión de la docencia presencial, he podido impartir de manera no presencial los contenidos de las asignaturas Física y Química de 3º de E.S.O. y Química de 2º de Bachillerato.

Este periodo del máster en profesorado es sin duda alguna el más enriquecedor, si bien las circunstancias no han permitido el desarrollo habitual de estas prácticas. Aún así, la docencia no presencial ha planteado retos que han implicado el desarrollo de habilidades como la preparación de vídeos con explicaciones y la corrección y evaluación a través de entornos virtuales de aprendizaje.

De estas prácticas he podido aprender el ritmo que puede llevar una asignatura como química en 2º de bachillerato, observando que la EBAU tiene quizá demasiado peso a la hora de marcar que contenidos se ven y cuales se descartan. Si bien es comprensible debido a las limitaciones de tiempo que un docente se encuentra en este curso académico, y más aún este año con la situación de confinamiento, que temas tan importantes hoy en día como la problemática ambiental de los polímeros no se aborden por dedicar más tiempo a los problemas de una prueba específica me lleva a reflexionar sobre como actuaré como futuro docente, ya que seguramente me surja este mismo problema. Por ello, a la hora de plantear una propuesta para abordar mejor los contenidos de una parte de la materia que no suele quedar reflejada en la EBAU, me he centrado en diseñar una unidad didáctica de pocas sesiones donde se enfatice lo más relevante y de esta manera se pueda adaptar fácilmente a una programación que previamente no contemplase abordar estos contenidos.

5. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El ser humano ha empleado polímeros naturales desde hace milenios, ya que por ejemplo las pinturas rupestres, fabricadas a partir de pigmentos y aglutinantes orgánicos (grasa animal, huevos, miel), no dejan de ser un recubrimiento polimérico. La irrupción de los polímeros en nuestra sociedad como un material transversal a todas las áreas sin embargo es reciente, y se remonta a 1909. En este año, Leo Baekeland fabricó y comercializó por primera vez un objeto a partir de un polímero sintético, la bakelita. Este descubrimiento sería revolucionario, ya que los grandes avances tecnológicos del siglo XX no podrían haber tenido lugar de no ser por los polímeros sintéticos.

El término polímero proviene de la palabra griega “meros” (parte) e indica una molécula formada por una unidad pequeña que se repite muchas veces. A estas unidades se les denomina monómeros y comúnmente estas moléculas se unen mediante enlaces covalentes, en un proceso denominado polimerización, para dar lugar a las cadenas de polímero.

El tipo de enlace que forman los monómeros es una de las principales características que permiten definir las distintas familias de polímeros. Por ejemplo, los poliésteres se forman por la unión de monómeros mediante enlaces tipo éster, las poliamidas mediante grupos amida, los poliuretanos por grupos uretanos y las poliolefinas por enlaces simples carbono-carbono.

No solo el tipo de enlace, sino también la estructura de la cadena determinará las propiedades finales. Así, nos podemos encontrar con cadenas lineales, cadenas ramificadas o cadenas entrecruzadas. En general, los polímeros formados por cadenas lineales o ramificadas son capaces de fundir y fluir a cierta temperatura, por lo que se denominan termoplásticos (y en la sociedad general plásticos solamente). Sin embargo, en el caso de las cadenas entrecruzadas se dan lugar a enlaces covalentes entre las cadenas de polímero, por lo que una vez sintetizado no se puede volver a fundir y al aumentar demasiado la temperatura el polímero se degradará antes que fluir (por ejemplo, los neumáticos).

En los dos siguientes apartados se valorarán los avances tecnológicos que han permitido el auge de los polímeros y la problemática ambiental que han generado señalando las ventajas y desventajas que supone el uso de este tipo de materiales en nuestra sociedad.

5.1. Polímeros y avance tecnológico

Los materiales macromoleculares presentan una versatilidad que no podemos encontrar en otra familia de materiales, incluso si nos ceñimos únicamente a los polímeros sintéticos (Koltzenburg et al., 2017). Así, por ejemplo:

- Los polímeros reforzados con fibra de vidrio pueden presentar una rigidez similar a la del acero, mientras que otros polímeros como las espumas de poliuretano son empleados como rellenos de colchones.
- La mayoría de los polímeros son aislantes eléctricos (por ello se emplean para encapsular los cables eléctricos) pero se han sintetizado polímeros con un alto grado de conjugación que permiten obtener una conductividad eléctrica similar a la de los metales.
- El punto de fusión de los polímeros también puede modificarse ampliamente variando la arquitectura macromolecular. Podemos encontrar polímeros en un estado fluido viscoso a temperatura ambiente y a su vez polímeros con rangos de fusión entre los 300 y 400 °C (Regis et al., 2017).

Esta versatilidad conduce a que los materiales poliméricos se hayan vuelto imprescindibles en nuestras vidas. Por ejemplo, no existen sustancias no poliméricas hoy en día que sean a la vez muy flexibles y no conductoras para permitir recubrir los cables eléctricos. Y la mayoría de los circuitos impresos que se emplean en electrónica están formados por resinas poliméricas reforzadas y sería todo un reto para la tecnología actual no emplear este tipo de materiales. En el campo de la automoción, el empleo de materiales poliméricos permite reducir notablemente el peso de los vehículos, lo que a su vez conlleva un menor consumo y por tanto menores emisiones de gases de efecto invernadero.

En nuestras propias casas podemos encontrar polímeros que han permitido mejorar la eficiencia energética actuando como aislantes térmicos (ventanas, fachadas), en tuberías, electrodomésticos, etc. Tampoco será difícil encontrar fibras poliméricas sintéticas en la ropa de nuestro armario, como abrigos de poliéster o medias de poliamida. Y en medio de esta situación de pandemia de covid-19 hemos convivido con mascarillas, guantes y sanitarios con equipos de protección individual todos ellos obtenidos a partir de materiales poliméricos, evidenciando que los hospitales y la sanidad hoy en día no puede entenderse sin el empleo de estos materiales.

Si observamos el uso que hacemos actualmente de los polímeros (Figura 1) podemos observar que la principal aplicación es el envasado, seguida de la construcción y con la automoción como el tercer mayor mercado.

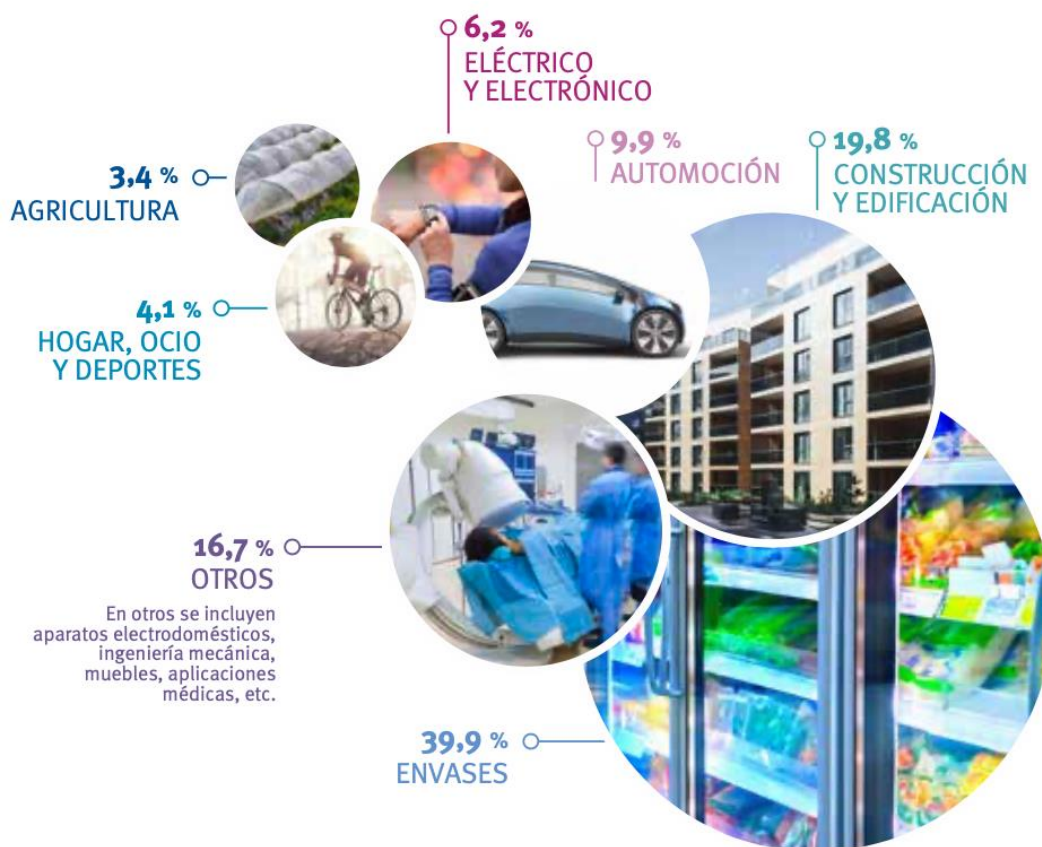


Figura 1. Distribución de los materiales plásticos en Europa en 2018 (PlasticsEurope, 2019).

Si analizamos estos tres sectores, podemos darnos cuenta de un hecho importante: tanto en el sector de la automoción como en el de la construcción la vida útil de los materiales plásticos empleados es muy grande (más de 10 años) mientras que el sector del envasado implica una vida útil en la mayoría de los casos menor a 1 año. Un exceso de envases y una gestión inadecuada de estos residuos ha conllevado una serie de problemas medioambientales, como la presencia de plásticos en los océanos, que han puesto de manifiesto que es necesario un cambio en nuestra manera de relacionarnos con estos materiales, en concreto con estos plásticos de un solo uso.

5.2. Polímeros y medio ambiente

En la Figura 2 se puede observar el porcentaje de desechos plásticos que han sido reciclados en Europa en 2016 (D'ambrières, 2019). De los 27 millones de toneladas de desechos plásticos que Europa ha generado, únicamente un 31% ha sido reciclado. Un 42% ha sido incinerado para recuperar energía y un 27% ha terminado en los vertederos. Hay que tener en cuenta que estos datos son para el total de plásticos recogidos por separado del resto de desechos (aquellos que en España depositamos en el contenedor amarillo).

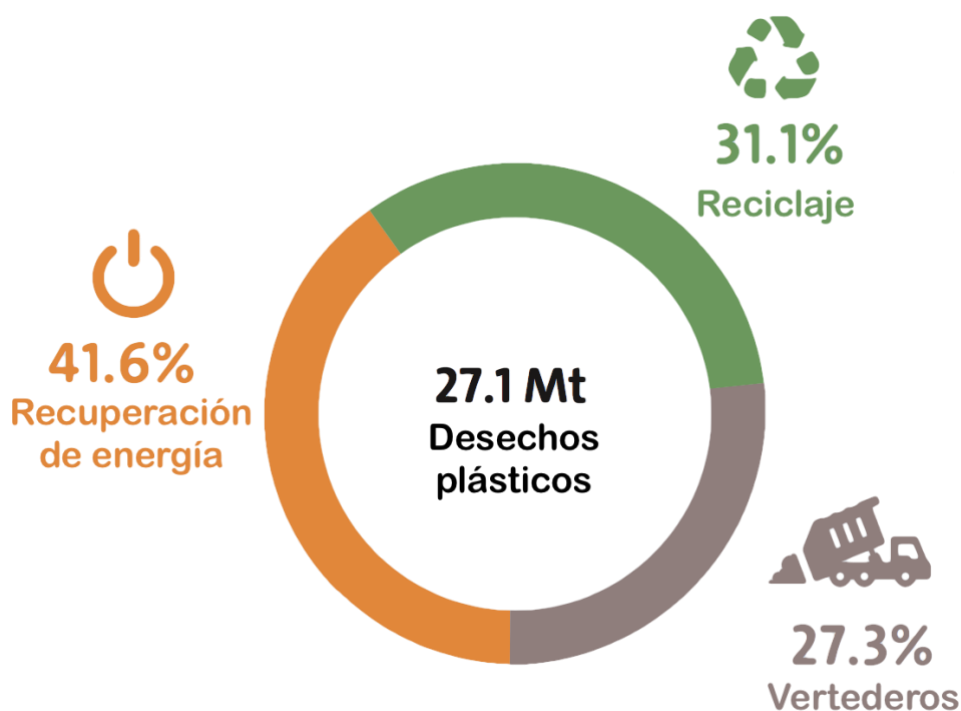


Figura 2. Tratamiento de los desechos plásticos en Europa en 2016 (D'ambrières, 2019).

En España en el mismo periodo los porcentajes son algo mejores, con un reciclaje del 37%, si bien hasta el 46% de los residuos plásticos generados terminaron en vertederos. En 2018, por primera vez en España el porcentaje de residuos plásticos reciclados superó al porcentaje depositado en vertederos, con un 42% frente a un 39% respectivamente (PlasticsEurope, 2019). Para poner algo de perspectiva, de cada 5 botellas de refresco o agua que nos encontremos en el supermercado o en casa, 2 botellas se reciclarán, 2 irán a parar al vertedero y 1 de ellas acabará incinerada para recuperar energía, todo ello suponiendo que depositamos las 5 botellas en el contenedor amarillo.

Sin duda este porcentaje de reciclaje es insuficiente. De hecho, si se analiza el porcentaje de residuos plásticos reciclados desde su popularización en 1950 hasta la actualidad se observa que solamente un 9% de todo el plástico producido por el hombre ha sido reciclado (Geyer, 2017).

Este hecho puede suponer cierto asombro a alguien que trate de ser un ciudadano más sostenible y separe los residuos en casa. Si como consumidores ya separamos el plástico y lo depositamos en el contenedor amarillo es normal que a la vista de los datos presentados nos preguntemos por qué luego casi la mitad de los residuos plásticos terminan en el vertedero.

La dificultad de reciclar el plástico frente al vidrio, por ejemplo, radica en la versatilidad que hemos mencionado en el apartado anterior. Si analizamos los envases plásticos que tenemos en nuestro hogar, o en un contenedor amarillo, observaremos que tenemos filmes de polipropileno, bandejas de poliestireno, botellas de polietilentereftalato con tapones de polietileno de alta densidad o tetrabricks que contienen un 20% de polietileno pero al ser un material multicapa es más difícil de reciclar (Acosta, 2019). Puesto que cada uno de estos envases tiene unas cadenas poliméricas distintas, tanto en estructura química como física, deben separarse según el tipo de material antes de poder reciclarse, lo que supone todo un reto. Además, aunque tuviésemos residuos perfectamente separados por la naturaleza química del polímero, por ejemplo tapones de polietileno recogidos por separado, este material no puede ser reciclado indefinidamente ya que en el proceso se produce una pequeña degradación y conforme aumenta el número de reciclados el material pierde propiedades.

Frente a esta variedad de materiales, la dificultad que supone su separación y selección y un reciclado limitado, los envases de vidrio que depositamos en el contenedor específico están formados todos por el mismo material, sílice, que puede ser reciclado además infinitas veces sin perder propiedades. Aún así, no hay que tratar estos envases como de usar y tirar, ya que se necesita mucha energía para reciclar el vidrio, con sus correspondientes emisiones de CO₂, debido a su alta temperatura de fusión (alrededor de 1500 °C). Una de las principales ventajas del vidrio frente a los envases plásticos es que no es poroso y por tanto no retiene sabores ni olores, ni aporta sabor u olor a los alimentos. Por ello, debemos concienciarnos de tratar de reutilizar todo lo que podamos

estos envases para que así disminuyamos la necesidad de fabricar más botes de vidrio o reciclar más consumiendo mucha energía.

A la vista de estas ventajas del vidrio, cabe preguntarse por qué no sustituimos todos los envases plásticos por este material y así solucionamos el problema de la gestión de los desechos plásticos. Esta es una duda que nos pueden plantear los alumnos en clase, por ejemplo. El motivo se debe a otros factores más allá del destino de los desechos, como la energía necesaria en todo el ciclo de vida útil o la cantidad de material necesario. Así, si sustituimos un envase de plástico por alguno de otro material (vidrio, aluminio o cartón) se aumenta la cantidad de material requerida en un 360% de media y la demanda de energía a lo largo de todo el ciclo de vida (producción y transporte incluidos) en un 200% (PlasticsEurope, 2011). Además, los envases de vidrio por ejemplo son mucho más frágiles y durante el transporte hay que asumir que se perderá cierta cantidad de alimento debido a la rotura de estos envases lo que supone otra desventaja.

El problema de que el plástico termine en los vertederos y no sea reciclado o incinerado es que posteriormente pueda terminar llegando a los océanos, además en forma de microplásticos. El almidón por ejemplo es un polímero natural, y las bacterias y hongos son capaces de descomponerlo sin problemas, pero los polímeros sintéticos son tan novedosos en la naturaleza que no existen microorganismos capaces de descomponerlos, al menos para la mayoría de los plásticos empleados. Los plásticos de menor tamaño (microfibras, microcápsulas de detergente o plásticos de mayor tamaño degradados en muchos fragmentos) pueden terminar fácilmente en los océanos, y se estima que cada año la humanidad vierte al mar alrededor de 10 millones de toneladas de plásticos (Jambeck, 2015). Estos microplásticos se están acumulando en la cadena trófica puesto que los animales marinos los consumen junto a su alimento habitual y aunque pueden ser detectados incluso en el agua que consumimos, la Organización Mundial de la Salud señala que la información actual no indica que sea un riesgo para la salud, aunque urge a estudiar su efecto con más detalle (OMS, 2019).

Todas estas cuestiones conllevan que la ciudadanía perciba que los plásticos suponen un problema para el medio ambiente. Según el último Eurobarómetro sobre cambio climático disponible (Comisión Europea, 2020) el 94% de sus

ciudadanos piensa que es importante cuidar el medio ambiente. De estos, el 53% piensa que es muy importante (el mayor grado de importancia de la encuesta) mientras que en España este porcentaje se sitúa en el 62%. En esta misma encuesta se pregunta a los ciudadanos por las cuestiones medioambientales que más les preocupan. Para los españoles la encuesta indica que la mayor preocupación es el cambio climático, seguida de la contaminación del aire y los océanos y del aumento del volumen de los residuos. Como se puede apreciar, dentro de estas tres preocupaciones el uso excesivo de los plásticos juega un papel fundamental. Nos es por tanto de extrañar que el 62% de los españoles (frente al 50% del conjunto de la UE) señale que esta totalmente de acuerdo con la afirmación de que “le preocupa el efecto que puedan tener los microplásticos en el medio ambiente”.

5.3. Enfoque CTS y estudio de los polímeros en bachillerato

Por lo visto en los apartados anteriores, los polímeros presentan un punto de unión entre conocimientos científicos, tecnología y sociedad que permite enfocar su estudio en las aulas mediante un enfoque CTS.

El enfoque CTS es una tendencia de las últimas décadas en el desarrollo curricular de la didáctica de las ciencias que se centra en emplear el contexto social y las aplicaciones de la ciencia para mejorar la comprensión de los conceptos científicos (Bennett, 2007).

Por ejemplo, en vez de enfocar el aprendizaje de la Química como la mera resolución de problemas científicos basados en el contenido (“Calcula el peso molecular de la unidad repetitiva del polímero resultante de la polimerización de etilenglicol y ácido tereftálico”) se puede enfocar su didáctica a resolver problemas socio-científicos basados en el contexto (“¿Qué ventajas y desventajas aportan los polímeros como material principal para el envasado de alimentos”?) aprovechando el interés que la ciudadanía declara por el medio ambiente y su preocupación por los desechos plásticos.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el enfoque CTS puede tener sus desventajas también. Por ejemplo, por mucho que en bachillerato se emplee este enfoque, si después en la universidad los profesores se van a centrar en los contenidos y no en el contexto como en el enfoque CTS, entonces los alumnos quizá estén peor preparados para afrontar estos estudios (King, 2008).

En el contexto de la anterior ley educativa (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, B.O.E. 04/05/06) existía una asignatura común a las enseñanzas de bachillerato de todas las ramas, Ciencias para el Mundo Contemporáneo, donde se abordaban contenidos relacionados con los polímeros y su impacto ambiental. Así, dentro de los contenidos recogidos en el Real Decreto 1467/2007 (B.O.E. 07/11/07) para la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo encontrábamos un bloque entero dedicado a “nuevas necesidades, nuevos materiales” donde se abordaban contenidos como “El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales y aparición de nuevas necesidades, desde la medicina a la aeronáutica” y “La respuesta de la ciencia y la tecnología. Nuevos materiales: los polímeros. Nuevas tecnologías: la nanotecnología”.

Actualmente sin embargo dentro de los contenidos educativos de Bachillerato solo se abordan los materiales poliméricos en Química de 2º de Bachillerato (B.O.E. 03/01/15). Como se ha mencionado en la introducción, en la prueba EBAU no se han incluido preguntas sobre estos contenidos en los últimos años y esto puede conllevar a que un docente con poco tiempo para abordar todos los contenidos que debe abordar decida eliminar de sus clases la enseñanza de los contenidos sobre polímeros y su impacto ambiental. Sin embargo, si queremos formar ciudadanos debidamente formados que puedan tomar decisiones que beneficien al conjunto de la sociedad no deberíamos dejar de lado estos contenidos, sino incorporarlos en el aula mediante un enfoque CTS que permita no solo un mejor aprendizaje sino una mayor conciencia ambiental del alumnado.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

6.1. Contexto

Tras haber descrito cómo los polímeros se sitúan en el foco del debate ambiental actualmente, y tras observar que sin embargo en 2º de Bachillerato apenas son tratados debido a que su importancia en la EBAU hoy en día es nula, se desarrolla la siguiente propuesta de intervención didáctica para tratar de mejorar el aprendizaje de ciertos aspectos básico de estos materiales con el objetivo de formar mejor a los alumnos de cara al futuro y que así se puedan convertir en ciudadanos con una mayor conciencia ambiental y unos conocimientos que les permitan tomar mejores decisiones.

Esta propuesta se enmarca por tanto en un curso de 2º de bachillerato, dentro de una unidad didáctica propia que se ha denominado “La edad del plástico” para la asignatura de Química. Los alumnos de este grupo tendrán una edad de 17-18 años y se encontrarán a punto de finalizar los estudios previos a la universidad o a un grado superior de formación profesional. Debido a que la mayoría de los alumnos que cursa el bachillerato se decanta por continuar los estudios a través de un grado universitario, se deben enfrentar a la prueba de acceso a la universidad (EBAU). Podemos esperar encontrarnos unos alumnos responsables y que entienden que deben esforzarse por sacar el curso adelante y poder a su vez aprobar la EBAU, más aún en aquellos alumnos que se vayan a decantar por un grado universitario con una elevada nota de corte.

El conjunto de la unidad didáctica “La edad del plástico” está encuadrada en el decreto 19/2015, de 12 de junio (B.O.R. 19/06/2015) dentro del Bloque IV. Síntesis orgánica y nuevos materiales. Los contenidos de este bloque se han agrupado en dos unidades didácticas como puede observarse en la Tabla 1, siendo una de ellas la desarrollada en este TFM.

Tabla 1. Contenidos del bloque IV del decreto 19/2015 (B.O.R. 19/06/2015).

Bloque IV. Síntesis orgánica y nuevos materiales
<i>UD – Reacciones Orgánicas</i>
<ul style="list-style-type: none">• Estudio de funciones orgánicas.• Nomenclatura y formulación orgánica según las normas de la IUPAC.• Funciones orgánicas de interés: oxigenadas y nitrogenadas, derivados halogenados tioles perácidos. Compuestos orgánicos polifuncionales.• Tipos de isomería.• Tipos de reacciones orgánicas.

UD – Polímeros

- Principales compuestos orgánicos de interés biológico e industrial: materiales polímeros y medicamentos.
- Macromoléculas y materiales polímeros.
- Polímeros de origen natural y sintético: propiedades.
- Reacciones de polimerización.
- Fabricación de materiales plásticos y sus transformados: impacto medioambiental.
- Importancia de la Química del Carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar.

Para hacer frente a los contenidos de esta unidad didáctica dedicada a los polímeros es importante que la unidad didáctica dedicada a las reacciones orgánicas sea vista primero, ya que de esta manera las reacciones de polimerización serán más fáciles de comprender. Teniendo en cuenta los contenidos a tratar, de los criterios de evaluación y de los estándares de aprendizaje evaluables presentes en este bloque IV se tratarán en esta unidad aquellos señalados en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de la unidad didáctica.

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
7. Determinar las características más importantes de las macromoléculas.	7.1. Reconoce macromoléculas de origen natural y sintético.
8. Representar la fórmula de un polímero a partir de sus monómeros y viceversa.	8.1. A partir de un monómero diseña el polímero correspondiente explicando el proceso que ha tenido lugar.
9. Describir los mecanismos más sencillos de polimerización y las propiedades de algunos de los principales polímeros de interés industrial.	9.1. Utiliza las reacciones de polimerización para la obtención de compuestos de interés industrial como polietileno, PVC, poliestireno, caucho, poliamidas y poliésteres, poliuretanos, baquelita.
11. Distinguir las principales aplicaciones de los materiales polímeros, según su utilización en distintos ámbitos.	11.1. Describe las principales aplicaciones de los materiales polímeros de alto interés tecnológico y biológico (adhesivos y revestimientos, resinas, tejidos, pinturas, prótesis, lentes, etc.) relacionándolas con las ventajas y desventajas de su uso según las propiedades que lo caracterizan.
12. Valorar la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual y los problemas medioambientales que se pueden derivar.	12.1. Reconoce las distintas utilidades que los compuestos orgánicos tienen en diferentes sectores como la alimentación, agricultura, biomedicina, ingeniería de materiales, energía frente a las posibles desventajas que conlleva su desarrollo.

Dentro de esta unidad se trabajarán las siguientes competencias:

- Competencia en comunicación lingüística (CCL): se adquiere gracias a la concreción de términos que se emplean comúnmente en la sociedad, en relación con los plásticos, y ampliando el vocabulario de los alumnos con terminología más concreta (diferenciando entre plástico, polímero, termoplástico, termoestable, resina, biopolímero, biodegradable, compostable). Gracias a ello serán capaces de expresarse de una manera más correcta al referirse a estos conceptos y serán capaces de analizar textos específicos que empleen estos términos.
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CM-CT): esta competencia se adquiere a lo largo de toda la asignatura debido al carácter científico de la materia. En esta unidad didáctica se trabajará en concreto debido al desarrollo de experiencias científicas dentro del laboratorio, de las cuales extraerán conclusiones, a los contenidos tratados por la relación que se establecerá entre la estructura química de un polímero y sus propiedades físicas, y a los debates generados donde se tratará de afrontar la temática de los plásticos desde el punto de vista científico.
- Aprender a aprender (AA): con las actividades que se proponen se tratará de que los alumnos desechen la idea de que están estudiando para sacar buena nota en la EBAU, y aprecien que el conocimiento que el profesor les transmite les va a ser de utilidad para comprender mejor el mundo que les rodea. De esta manera, se pretende que el estudiante desarrolle un interés y una motivación por aprender estos contenidos y construya su propio aprendizaje a través de las experiencias de estas actividades, en las que participará de manera activa.
- Competencias sociales y cívicas (CSC): todo el contenido de esta unidad tiene un hilo conductor, la problemática ambiental que ha generado el mal uso de los plásticos, por lo que continuamente se hará referencia a cuestiones sociales y cívicas relacionadas con la construcción de un mundo sostenible, que no puede lograrse si no es con el conocimiento profundo de los aspectos relevantes, como en este caso, la química detrás de los materiales poliméricos como los plásticos.

6.2. Metodología

Para llevar a cabo esta unidad didáctica, se tratará de evitar en la medida de lo posible el recurrir a una clase magistral, ya que se persigue despertar un interés real en el alumno por estos contenidos. Partiendo de la base de que los jóvenes son el grupo de población más preocupado por el medio ambiente y por construir un mundo sostenible (CIS, 2019), se deberá tratar de que surjan muchas preguntas por parte de ellos, a las que responder de manera satisfactoria y que de esta manera no se trate de que el profesor vuelque sus conocimientos, sino que los alumnos perciban que delante de ellos tienen a alguien de quien poder aprender cosas útiles e interesantes y al que pueden acudir con preguntas que les surjan. De esta manera, partiendo del interés del propio alumno, y a través de unas explicaciones visuales y con objetos cotidianos que sitúen estos conocimientos en su entorno, se tratará de conseguir un aprendizaje verdaderamente significativo, que perdure en la memoria de estos alumnos más allá de una simple prueba de acceso a la universidad.

En el desarrollo del curso, es habitual ir indicando a los alumnos que contenidos suelen entrar en la EBAU. A la vista de los contenidos sobre polímeros recogidos en las pruebas anteriores de la EBAU, nulos, se debería avisar a nuestros alumnos que esta materia no suele aparecer en este examen. Esto es arriesgado sin duda, puesto que muchos alumnos pueden perder el interés. Pero como profesores tenemos que buscar que el interés no parta de la necesidad de aprender un examen, sino de la motivación que impartamos a los alumnos. De esta manera, para ellos puede suponer incluso un soplo de aire fresco ver unos contenidos que son interesantes para formarse en un tema que se discute con asiduidad pero que saben que no entrarán en la EBAU por lo que el nivel de exigencia al no tener que repetir los contenidos posteriormente en esta prueba es menor.

Aun así, el aprendizaje de los polímeros, sobretodo en su comparación con metales y cerámicas, permite repasar unos contenidos que se han visto con anterioridad (suponiendo que los contenidos hayan seguido un orden similar al recogido en el Decreto 21/2015) en el bloque II. Origen y evolución de los componentes del universo, relacionados con diferentes tipos de enlaces químicos: covalentes, iónicos, metálicos e intermoleculares.

6.2.1. Cronograma de la propuesta de intervención

Esta propuesta se desarrollará a lo largo de 5 sesiones de 50 minutos. La mayoría de estas sesiones se llevarán a cabo en el laboratorio, lo que fomentará una mayor participación de los alumnos al no encontrarse ellos en el aula habitual donde reciben sentados la explicación de un profesor. Además, en alguna de las sesiones se llevará a cabo una práctica experimental, y en general se trabajará con material que será más fácil haber dejado preparado y recoger posteriormente en el laboratorio que no en el aula quitando tiempo de las sesiones.

En este cronograma (Tabla 3) se sitúan las actividades principales, que se van a describir en el siguiente apartado indicando las competencias trabajadas en cada una de ellas, así como los instrumentos de evaluación que serán detallados tras esta descripción de las actividades.

Tabla 3. Cronograma de la propuesta de intervención.

Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
1	Ideas previas	20'	Macromoléculas y materiales poliméricos	Diagnóstica	Puesta en común	7, 11, 12	Aula/GG
	Lectura de artículos y debate	30'	Impacto medioambiental	Diagnóstica y formativa	Registro anecdótico	11, 12	Aula/GG
Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
2	Clase magistral	15'	Macromoléculas y materiales poliméricos	Formativa	Registro anecdótico	7,12	Lab/GG
	"Clasificar materiales"	35'	Principales compuestos orgánicos	Formativa y sumativa	Informe final	7, 11	Lab/GR
Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
3	"Fabricando medias"	25'	Macromoléculas y materiales poliméricos	Formativa y sumativa	Informe final	8, 9	Lab/GG
	"PoliLEGOs"	25'	Reacciones de polimerización	Formativa	Puesta en común	8, 9	Lab/GR

Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
4	Conferencia "Los plásticos de la naturaleza"	30'	Polímeros de origen natural y sintético	Formativa	Registro anecdótico	7, 11, 12	Aula/GG
	Preguntas	20'	Reacciones de polimerización	Formativa	Registro anecdótico	7, 11, 12	Aula/GG

Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
5	Ideas previas	10'	Impacto medioambiental de los polímeros	Diagnóstica	Registro anecdótico	11, 12	Lab/GG
	"Plásticos y reciclaje"	20'	Impacto medioambiental de los polímeros	Formativa y sumativa	Informe final	9, 11, 12	Lab/GG
	Trabajo en grupo para preparar las exposiciones	20'	Polímeros de origen natural y sintético	Sumativa	Exposición oral	9, 11, 12	Lab/GR

Sesión	Actividad y duración		Contenidos	EVALUACIÓN			Lugar
				Tipo	Instrumento	Criterio	
6	Exposiciones	50'	Polímeros de origen natural y sintético	Sumativa	Exposición oral	11, 12	Aula/GR

6.2.2. Descripción de actividades y competencias trabajadas

Se proponen diferentes actividades con un enfoque CTS para lograr las competencias mencionadas anteriormente y adquirir los conocimientos necesarios.

- Lectura de artículos: se seleccionarán varios artículos, en función del resultado de las ideas previas, para que los alumnos posteriormente reflexionen sobre ellos. La dinámica de la actividad consistirá en leer entre todos un artículo (por ejemplo, un alumno en voz alta) analizando los contenidos y posteriormente debatiendo sobre los aspectos más relevantes. Para este debate se tratará de animar a los alumnos a preguntar o aportar su opinión, pero se prepararán preguntas dirigidas por si la participación es baja que permitan guiar un intercambio de opiniones de toda la clase.

Entre los artículos a trabajar (de los cuales habrá que seleccionar en esa sesión los dos más relevantes puesto que no habrá tiempo para ver todos) se incluyen los siguientes:

- Las bolsas de papel no son más ecológicas que las de plástico (Moreno, 2020).
- Cómo pedir café para llevar en un vaso de plástico y no destruir el planeta (Ahijado, 2020).
- Un ejemplo del regreso silencioso del plástico en todo el mundo por culpa del coronavirus (García-Ajofrín, 2020).
- Asia se rebela contra los residuos plásticos de los países desarrollados (Planelles, 2019).
- Cinco ciudades dejan pagar el transporte público con botellas de plástico (López, 2019).
- Reciclar no es suficiente (Palomo, 2019).

Hay que destacar, y hacérselo llegar a los alumnos, que estos artículos no son artículos científicos, sino artículos de prensa. Lo que se pretende con esta actividad es que se pongan en la piel de un ciudadano que quiere informarse sobre estos conceptos y analiza de manera crítica los artículos que encuentra. A la hora de aprovechar esta intervención en futuros años, sería recomendable adaptar estos contenidos y buscar noticias nuevas que hayan sido publicadas recientemente.

En general, las preguntas dirigidas que se pueden plantear comunes a todos los artículos son ¿Son los plásticos malos? ¿Qué diferencia creéis que hay entre los plásticos de un solo uso y otros plásticos? ¿No sería más fácil que todos los envases fuesen de vidrio o cartón? ¿Por qué creéis que no es así? ¿Cuántas cosas lleváis encima que son de plástico?

Gracias a esta actividad se trabajarán las competencias CCL, AA, CM-CT y CSC.

- **“Clasificar materiales”:** en esta actividad se les pedirá con anterioridad que traigan a esta sesión algo que ellos consideren que sea plástico, algo metálico y algo cerámico. Después, en el laboratorio iremos investigando las propiedades de cada uno: densidad, rigidez, elasticidad, precio y temperatura de fusión (consultado estos datos en internet). Tendrán que decidir después por qué consideran que cada uno de esos objetos está realizado con ese material, y si se podría haber realizado con otra familia de materiales. El profesor llevará a la

experiencia como material plástico un trozo de madera, y les preguntará que consideran que es: metálico, cerámico o polimérico.

Para esta actividad los alumnos trabajaran en grupos de 5 alumnos, favoreciendo un aprendizaje cooperativo. Esta actividad se evaluará de una manera sumativa mediante un informe final individual, donde se recogerán también las conclusiones de otras actividades de esta propuesta. Para esta actividad, deberán responder a unas preguntas similares a las siguientes:

- De los tres materiales, ¿cuál es más denso?
- ¿Cuál es el material más elástico?
- Ordena la temperatura de fusión de los tres materiales de menor a mayor. ¿Cuál consideras que necesita una menor temperatura para procesarse?
- ¿Qué tipos de enlace intra e intermoleculares están presentes en cada material?
- ¿Qué tipo de material es la madera?

Con esta actividad se trabajarán las competencias CM-CT y AA.

- “Fabricando medias”: Trabajando de nuevo en grupos reducidos, se preparará una experiencia de laboratorio, donde a los alumnos se les den dos disoluciones, una de ellas una solución acuosa básica al 5% en peso de hexametildiamina, y otra una solución orgánica de cloruro de adipilo al 5% en peso en ciclohexano. Se les realizará una demostración: se vierte la disolución orgánica con cuidado sobre la disolución acuosa, evitando que se produzca una agitación para que ambas fases se mantengan separadas. Para favorecer la visualización de las dos fases, a la disolución acuosa se le pueden añadir unas gotas de fenolftaleína, que teñirá esta fase del característico color magenta al estar en un medio básico. Posteriormente, se recoge con una pinza el material formado en la capa en la cual entran en contacto ambas fases, y se les muestra que se puede ir extrayendo un hilo continuo de nylon, añadiendo una explicación tras la práctica de la reacción de polimerización que tiene lugar, y que se muestra en la Figura 3.

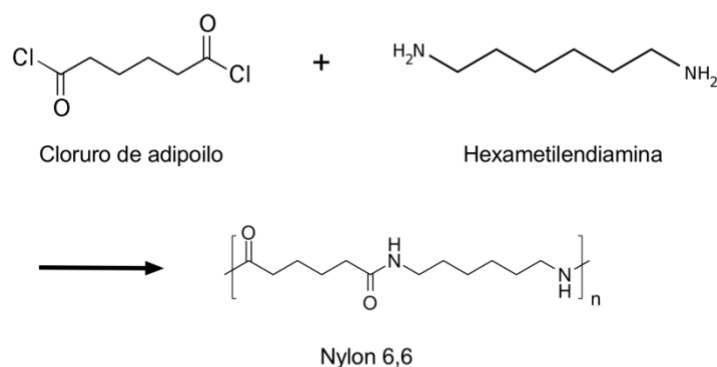


Figura 3. Reacción de polimerización entre el cloruro de adipilo y la hexametilendiamina para dar lugar al nylon 6,6.

Con esta actividad se fomentará el desarrollo de las competencias CM-CT y AA.

- “PolileGOs”: Después de la actividad anterior, y sin haber profundizado en los tipos de polimerización que existen, se le dará a cada grupo un conjunto de piezas de LEGO: por un lado, un grupo de piezas rojas que solo pueden unirse a otras piezas rojas, todas iguales; por otro lado, un conjunto de piezas verdes y azules preparadas para que una pieza verde solo pueda unirse a una azul, y viceversa. De esta manera, se les pedirá que construyan la cadena más larga que puedan, y que después indiquen cuál es la unidad que se repite en cada cadena.

Tras ello, se les preguntará por la actividad anterior en qué tipo de cadena pondrían el polímero que han sintetizado, y después se explicará brevemente la polimerización por condensación y por adición, mostrándoles objetos poliméricos de cada uno de los tipos (pinturas, envases, resinas, trozos de goma y bolsas).

Con esta actividad se trabajarán las competencias CM-CT, AA y CSC.

- “Los plásticos de la naturaleza”: Tras haber introducido en las sesiones anteriores el concepto de polímero y macromolécula se irá más allá, preguntando a los alumnos un ser humano que es, si hubiese que ponerle una etiqueta: metálico, cerámico, o polimérico. En esta sesión se trazará la historia del ser humano a través de sus materiales, recordando rápidamente que incluso las edades del hombre primitivo se definen por sus materiales: edad de piedra, edad de bronce... ¿usaban polímeros entonces? ¿cuándo comenzó nuestra edad del

plástico? ¿cuáles serán los materiales de futuro? En esta sesión, el enfoque CTS será posible gracias a la relación que se establecerá con un especialista en la materia. Se procurará contar con la presencia del Catedrático recién jubilado J.J. Iruin. No se pretenderá un formato de conferencia, sino más bien de entrevista, donde los alumnos interactúen con el invitado y pregunten todas sus dudas. Las competencias que se desarrollarán serán CCL, CM-CT, AA y CSC.

- “La cara oculta del reciclaje”: El metal puede ser reciclado fácilmente, el vidrio también. ¿Por qué los plásticos suponen un problema? Se llevarán tres pequeños contenedores, con aquellos materiales que separamos para su reciclaje: vidrio, papel y plásticos. Se les pedirá a los alumnos que, trabajando en grupo, indiquen bajo contenedor que materiales tenemos en base a su estructura química.

Así, se llegará a la conclusión de que en el contenedor de vidrio tenemos el mismo material, en el de papel y cartón también principalmente, pero en el de plástico fácilmente podremos encontrar (en nuestra propia basura de casa) más de 10 materiales diferentes. Se les preguntará, por tanto, si creen que el 100% del material del contenedor amarillo se recicla, y se les pedirá que busquen información dentro del grupo para poner en común después los porcentajes que hayan encontrado.

Aquí se introducirá la idea de que, si separásemos cada polímero por su composición, sí que se podría llevar a cabo un reciclaje mucho mayor, indicándoles que precisamente por eso se llevan a cabo campañas como la de depositar tapones de botellas (de polietileno de alta densidad) o devolver botellas de plástico (de polietilentereftalato).

Gracias a esta actividad se desarrollarán las competencias AA, CM-CT y CSC.

- Exposiciones: por grupos de trabajo (los mismos grupos empleados en los laboratorios) los alumnos expondrán las características principales de los polímeros más empleados en la sociedad: polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, polietilentereftalato, poliésteres y poliamidas, poliestireno y derivados. Para ello, en la sesión previa se les dejará 20 minutos para que se organicen el trabajo. En la exposición no se usarán herramientas digitales de presentación de diapositivas, sino que se les pedirá a los alumnos que encuentren y traigan un

objeto fabricado con ese plástico, y que durante la explicación escriban en la pizarra la estructura química de ese polímero. Para ayudarles a preparar este trabajo se les proporcionará una referencia bibliográfica en inglés (Brydson, 1999). Las competencias que trabajarán serán la CCL, CM-CT y AA.

6.3. Evaluación del aprendizaje

La evaluación de esta intervención será individual y constará de una evaluación inicial diagnóstica, una evaluación continua formativa y una evaluación sumativa. Para ello se emplearán los criterios establecidos en el Real Decreto 1105/2014, señalados anteriormente en la Tabla 2.

También será necesario evaluar la propia intervención didáctica para valorar hasta que punto la planificación ha sido correcta y qué se debería cambiar de cara a futuros años.

6.3.1. Evaluación diagnóstica del alumno

La primera sesión se dedicará casi en exclusiva a una evaluación diagnóstica, donde a través de la puesta en común sobre ideas previas, y la lectura de artículos y su reflexión, el docente podrá evaluar el grado de conocimientos previos que los alumnos tienen sobre los contenidos de polímeros a tratar. Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, estos materiales tienen mucha relevancia en la tecnología actual y en la sociedad, por lo que, aunque los alumnos nunca hayan trabajado este tema en el aula, ya tendrán ideas previas de las que se podrá partir para construir el nuevo conocimiento.

Los instrumentos empleados para llevar a cabo esta evaluación serán la puesta en común y el registro anecdótico, donde se deberán anotar tanto los conceptos que los alumnos tienen más claros como aquellos que se hayan detectado erróneos.

Esta evaluación inicial diagnóstica permitirá acercar a la realidad de los alumnos este aprendizaje, enfocando los contenidos en aquello que ya saben.

6.3.2. Evaluación formativa del alumno

La evaluación formativa se llevará a cabo a lo largo de todas las sesiones. En aquellas actividades en los que los alumnos atiendan una explicación (sesiones 2 y 4) el principal instrumento para la evaluación formativa será el registro anecdótico donde se señalen aquellos aspectos relevantes (preguntas del alumnado, demostración de interés, participación). Para la actividad PolíLEGOs

la evaluación formativa se llevará a cabo mediante una puesta en común de las conclusiones que cada grupo reducido haya podido extraer de la actividad.

6.3.3. Evaluación sumativa del alumno

Para determinar la calificación final del alumno dentro de esta unidad didáctica se emplearán el informe final que los alumnos deberán entregar sobre las actividades señaladas con este tipo de instrumento en la Tabla 3 y las exposiciones que se realizarán en la última sesión. El porcentaje de esta calificación será de un 60% para el informe final y de un 40% para la exposición.

Para estos dos instrumentos se emplearán dos rúbricas que permitan aclarar el proceso de evaluación tanto al docente como a los alumnos, de manera que en todo momento ambas partes sean conscientes de cómo se llevará a cabo el procedimiento de calificación.

En el caso del informe final la rúbrica para su corrección se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Rúbrica para calificar los informes finales.

Aspectos	Niveles de desempeño			
	Muy bien (6 puntos)	Bien (4 puntos)	Regular (2 puntos)	Mal (0 puntos)
Organización (20%)	Contiene todas las actividades de manera ordenada	Contiene todas las actividades, pero está desordenado	Faltan algunas actividades, pero está ordenado	Incompleto y desordenado
Redacción (20%)	Coherencia y claridad, sin faltas ortográficas y empleando un lenguaje preciso y rico	Coherencia y claridad, sin faltas ortográficas y empleando un lenguaje aceptable	Medianamente coherente y claro, algunas faltas ortográficas y un lenguaje simple	Incoherencia y dificultad para comprender lo que se quiere decir, con faltas ortográficas y un lenguaje pobre
Contenido (40%)	Resumen correcto y responde correctamente a las preguntas	Resumen correcto y responde correctamente con algún fallo	Resumen escaso o incorrecto y presenta algún fallo en cada actividad	Resumen inadecuado y/o presenta más de un fallo en todas las actividades
Valoración personal (20%)	Reflexiona de manera crítica sobre lo que ha aprendido	Reflexiona sin profundizar sobre lo aprendido	Reflexiona de manera pobre e incoherente entre sus respuestas	No reflexiona sobre lo que ha aprendido en cada actividad

Los alumnos deben realizar para cada actividad evaluada mediante este informe un resumen de la actividad y responder a una serie de cuestiones que les planteará el docente en clase. Estas preguntas se pueden adaptar a las ideas

previas que se hayan detectado en la primera sesión. Un ejemplo de las preguntas que se podrían plantear para la actividad “Fabricando medías” serían:

- ¿Cuál es la estructura química de los reactivos empleado?
- ¿Qué habría pasado si las dos fases se hubiesen agitado e intentado homogenizar?
- ¿Qué habría ocurrido si en vez de una diamina se hubiese empleado un compuesto con un único grupo amina?

Para la otra actividad evaluada de manera sumativa, las exposiciones orales, se empleará la rúbrica descrita en la Tabla 5. Los alumnos deberán indicar en cada exposición la estructura química del polímero que han debido trabajar, su temperatura de transición vítrea y de fusión si se trata de un polímero semicristalino, otras propiedades físicas relevantes y que objetos podemos encontrarnos en nuestra vida diaria realizados con ese polímero o familia de polímeros.

Tabla 5. Rúbrica para calificar las exposiciones.

Aspectos	Niveles de desempeño			
	Muy bien (4 puntos)	Bien (3 puntos)	Regular (2 puntos)	Mal (0 puntos)
Organización (20%)	Participan todos los alumnos de manera proporcional	Participan todos los alumnos, aunque el tiempo es desigual	Algunos alumnos no participan o intervienen muy poco	Varios alumnos no participan
Exposición (40%)	Coherencia y claridad, empleando un lenguaje preciso y rico	Coherencia y claridad, empleando un lenguaje aceptable	Medianamente coherente y claro, y un lenguaje simple	Incoherencia y dificultad para comprender lo que se quiere decir, y un lenguaje pobre
Contenido (40%)	Tratan adecuadamente todos los aspectos (estructura, propiedades físicas y ejemplos)	Tratan todos los aspectos, aunque se podría haber añadido algo de información	Trabajan todos los aspectos, pero con errores en algún apartado	Les falta algún aspecto por tratar

6.3.4. Evaluación de la intervención didáctica

Para evaluar la propuesta de intervención de cara a futuros años, se propone una tabla (Tabla 6) que sería aconsejable que el docente rellenase tras cada sesión. De esta manera será fácil identificar los apartados que deben mejorarse y aquellos que mejor han cumplido con los objetivos propuestos.

Tabla 6. Evaluación de cada sesión por parte del profesor.

Aspectos		Valoración			
Comprensión de los contenidos	5	4	3	2	1
Tiempo adecuado	5	4	3	2	1
Participación esperada de los alumnos	5	4	3	2	1
Metodología adecuada para los contenidos	5	4	3	2	1

6.4. Recursos necesarios

Para el correcto desarrollo de esta propuesta de intervención didáctica, serán necesarios unos recursos personales, materiales y económicos que se detallan a continuación.

6.4.1. Recursos personales

Será necesaria la intervención de:

- El docente de la asignatura de Química, responsable de llevar a cabo las actividades recogidas en esta intervención y de guiar a los alumnos durante todo el proceso, así como de evaluar el proceso de aprendizaje.
- Los alumnos de 2º de bachillerato con los que se llevarán a cabo estas sesiones.
- En la sesión 2 los alumnos deben traer materiales para la actividad, favoreciendo la participación de las familias.
- Para la síntesis de nylon en la sesión 3 será necesaria la participación de otro docente del centro de la rama de ciencias para poder atender a los alumnos mejor y evitar cualquier posible problema derivado de una mala realización.
- Para la sesión 4, dedicada a un intercambio oral con un experto en la materia, será necesaria la participación de dicha persona. En este curso en concreto se propone el antiguo catedrático de la Universidad del País Vasco J. J. Iruin.

6.4.2. Recursos materiales

- Pizarra y tizas para la explicación de los contenidos y la puesta en común de ideas.
- Ordenadores para la búsqueda de información para las exposiciones finales.
- Laboratorio para llevar a cabo las actividades que lo requiera.
- Para la experiencia de la síntesis de Nylon serán necesarios (para 5 grupos): 2 probetas de vidrio, 7 vasos de precipitados y 5 espátulas como material de laboratorio, y cloruro de adipilo, hexametildiamina, ciclohexano y sosa como reactivos. Para garantizar la seguridad será necesario el empleo de gafas de laboratorio y guantes.
- Envases de plástico y otros objetos de distintos polímeros, que se podrán recolectar fácilmente en casa y en el instituto.

6.4.3. Recursos económicos

El primer año que se implante esta estrategia didáctica será necesario seguramente adquirir los reactivos químicos (quizá si que haya disponible sosa en el laboratorio). Debido a que no se requiere gran cantidad de estos, el material adquirido podrá emplearse en futuros años.

6.5. Medidas de atención a la diversidad

Se contemplan una serie de medidas para atender a la diversidad ordinaria que pueda existir en el grupo de alumnos. La primera de ellas tiene que ver con el trabajo en grupo, donde si es necesario se formarán grupos heterogéneos por parte del docente para favorecer que los alumnos con dificultades puedan verse apoyados por otros compañeros. Por otro lado, debido al carácter participativo de las actividades el profesor podrá interactuar continuamente con los alumnos y reforzar aquellos avances que vayan logrando, motivando a este alumnado y haciéndole partícipe de su progreso.

7. DISCUSIÓN

Esta propuesta de intervención didáctica no ha podido llevarse a cabo, y debido a su falta de implantación, la discusión que se llevará a cabo en este apartado se corresponderá a un análisis de la viabilidad de esta intervención y de las posibles dificultades que se podrán encontrar en su desarrollo. Por lo tanto, se plantea una evaluación inicial sobre la propia unidad didáctica que en un futuro si se llegase a implantar debería compararse con la evaluación final que se haga de la propia unidad, como ha quedado recogido en el apartado anterior.

Esta propuesta puede adecuarse a los objetivos marcados debido a que:

- La temporalización es proporcional a los contenidos, dedicando un tiempo ajustado a 5 sesiones, pero tratando de englobar los principales aspectos de la ciencia de materiales de los polímeros tal y como se recogen en el Decreto 21/2015 (B.O.R. 03/07/15). Esta temporalización permite adaptar esta unidad didáctica dentro de una programación que quizá haya contemplado dejar fuera estos contenidos para centrarse en aquellos que sí entran en la EBAU.
- El enfoque CTS se mantiene en todas las sesiones, relacionando los contenidos que se tratan con aspectos muy relevantes de nuestra tecnología actual y de nuestra sociedad, y planteando actividades enfocadas en el contexto y no solamente en el contenido. Esto permitirá mejorar el aprendizaje significativo de los contenidos, algo necesario ya que el principal objetivo es formar a unos alumnos en contenidos que nos afectan a toda la sociedad como son el medio ambiente y la problemática de un consumo excesivo y mala gestión de los desechos plásticos.
- Se abordan en varias sesiones cuestiones medioambientales relacionadas con los polímeros, estableciendo aspectos positivos y negativos de su uso y concienciando a los alumnos de que debemos realizar un consumo responsable y sostenible.
- Se trabaja la búsqueda de información y su análisis crítico, formando a los alumnos en una habilidad que será de gran utilidad para su futuro como ciudadanos bien informados.

- Se fomenta el trabajo cooperativo, formando grupos reducidos para llevar a cabo las sesiones experimentales y la exposición final. Así, no solo se evalúa este trabajo cooperativo de una manera formativa sino también mediante una evaluación sumativa. Esto último permite que el alumno perciba la importancia de esta cooperación ya que su calificación final dependerá del desempeño de todo el grupo.
- La evaluación sumativa se centra no solo en la adquisición de los conocimientos sino también en su relación con la tecnología actual y el medio ambiente, por lo que el enfoque CTS se mantiene también en este aspecto del proceso de enseñanza/aprendizaje.

Aunque no se haya llevado a cabo la implementación, si que pueden detectarse ciertos aspectos de esta intervención que pueden acarrear algún problema en su implantación:

- El instituto no dispone de laboratorio: si se pretendiese realizar esta unidad didáctica en un instituto que no dispusiese de laboratorio, se podría emplear otra aula dedicada a otros fines, ya que el principal objetivo de ir al laboratorio es situar a los alumnos en un contexto diferente, donde ya no se encuentren ellos sentados atendiendo las explicaciones, sino que se fomente su participación de una manera activa. Además, la preparación de los materiales y su posterior recogida (por ejemplo, en la sesión dedicada a la clasificación de materiales) no requiere de un laboratorio de química específico. La práctica de la síntesis de nylon sin embargo si que debería ser sustituida, por ejemplo, por la visualización de un vídeo del experimento, si bien se perderán algunos aspectos de la actividad y el aprendizaje probablemente no será igual de significativo.
- Alumnos con poco interés o poca participación: para solventar esta situación se deberá contar en cada clase con una serie de preguntas dirigidas, para que sean los propios alumnos los que vayan estableciendo la relación que existe entre los contenidos científicos que se están impartiendo con la tecnología actual y la problemática ambiental.
- Falta de tiempo: puede darse el caso de que esta unidad no se pueda impartir porque la dinámica del curso haya requerido un mayor enfoque en otros contenidos. En este caso si el docente se encuentra determinado a

aplicar esta intervención se podrán proponer estas actividades como opcionales en horario extraescolar, quizá con algún incentivo como puede ser la liberación de alguna prueba escrita. La evaluación deberá ser replanteada y se valorará si llevar a cabo una evaluación sumativa que compute con la calificación final de la asignatura o no.

- Ausencia de oradores para la conferencia: la disponibilidad de un orador adecuado para esta actividad es voluble y variará dependiendo del curso académico o el periodo en el que se encuadre. Deberán contemplarse alternativas como puede ser la visualización de algún documental divulgativo sobre plásticos que aborde unos contenidos parecidos. Se propone el capítulo “Cómo reconciliarnos con los plásticos” del programa El cazador de cerebros (Estupinyà, 2019) como un posible sustituto, ya que la duración es de 30 minutos y se adecua por tanto a la temporalización recogida en el cronograma. En función del año de implantación de esta intervención se deberá realizar una nueva búsqueda de recursos audiovisuales que permitan sustituir esta sesión si no hay un orador disponible.
- Grupos demasiado grandes: si el número de alumnos es elevado es posible que ciertas dinámicas se compliquen, como la actividad de síntesis en el laboratorio o la exposición de todos los grupos en una sola sesión. Habrá que considerar separar a los alumnos en dos grupos para estas sesiones, requiriendo por tanto dos sesiones más para acomodar este desdoblamiento.

Dependiendo de las características del centro y su proyecto educativo, se podrían plantear además actividades complementarias a las propuestas o incluso modificar alguna de las presentes. Por ejemplo, si el centro educativo tiene en marcha algún proyecto de concienciación ambiental y sostenibilidad, la exposición oral de los alumnos puede llevarse a cabo como una conferencia que impartan en frente de alumnos de otros años, por ejemplo, de 4º de E.S.O. de todas las ramas. Aquí los alumnos deberían ir más allá y trabajar junto con el profesor para que los contenidos de la conferencia se adecuen a las capacidades y los conocimientos previos del alumnado que acuda como oyente.

8. CONCLUSIONES

En este TFM se ha redactado una propuesta de intervención didáctica basada en la problemática ambiental de los desechos plásticos para abordar desde un enfoque CTS los contenidos de polímeros en la asignatura de química de 2º de bachillerato.

De la consecución de este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Se ha establecido un marco teórico donde se recogen los aspectos mas relevantes de cada asignatura cursada en este máster. Cada una de estas asignaturas, unidas a la observación realizada en 2º de bachillerato, han dado lugar al conocimiento para construir esta intervención didáctica
- Se ha analizado brevemente las ventajas y desventajas de los materiales poliméricos en nuestra sociedad, en concreto de los plásticos y la gestión de sus desechos. Se han aportado datos sobre la situación actual del reciclaje de estos materiales y se ha comparado con otros materiales para entender por qué se emplean mayoritariamente envases de plástico.
- Las relaciones establecidas entre las propiedades químicas y físicas de los polímeros, su empleo en la tecnología actual y la problemática generada en nuestra sociedad por su uso excesivo han servido para establecer la adecuación de la didáctica de estos contenidos dentro de un enfoque CTS.
- Entre las actividades propuestas se ha fomentado el trabajo colaborativo y la búsqueda de información y su discusión abierta, tratando de fomentar la participación y la motivación del alumnado.
- Se espera que tras implantar esta propuesta no solo mejore el aprendizaje de las características de los polímeros, sino que los alumnos adquieran una mayor conciencia ambiental y adquieran nuevos hábitos que conduzcan a una conducta más sostenible.

9. REFERENCIAS

- Acosta, S. (12 de febrero de 2019). Tetrabrik, el residuo que hoy ya nadie puede reciclar al 100% en España. *Eldiario.es*.
https://www.eldiario.es/ballenablanca/365_dias/Tetrabrik-residuo-nadie-reciclar-Espana_0_867213358.html
- Ahijado, M. (27 de enero de 2020). Cómo pedir café para llevar en un vaso de plástico y no destruir el planeta. *El País*.
<https://elpais.com/sociedad/2020/01/27/actualidad/1580135814625787.html>
- Bennett, J., Lubben, F., y Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347–370.
<https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Brydson, J. A. (1999). *Plastics materials*. Elsevier.
- Centro de Investigaciones Sociológicas (2019). *Barómetro de julio 2019*.
http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=14462
- Comisión Europea. (2020). *Special Eurobarometer 501. Attitudes of European citizens towards the environment*.
https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S2257_92_4_501_ENG
- D'ambrières, W. (2019). Plastics recycling worldwide: Current overview and desirable changes. *Field Actions Science Report*, 19, 12–21.
- Decreto 21/2015, de 26 de junio, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se regulan determinados aspectos sobre su organización, evaluación, promoción y titulación del alumnado de la Comunidad Autónoma de La Rioja. *Boletín oficial de La Rioja*, 85, de 3 de julio de 2015.
- Estupinyà, P. (presentador). Cómo reconciliarnos con los plásticos [programa de TV]. Balagué, R (productor ejecutivo). *El cazador de cerebros*, RTVE.
<https://www.rtve.es/alacarta/videos/el-cazador-de-cerebros/cazador-cerebros-como-reconciliarnos-plasticos/5472030/>
- Fontanet Rodríguez, A. (2016). *Química*. Vicens Vives.
- García-Ajofrín, L. (31 de mayo de 2020). Un ejemplo del regreso silencioso del plástico en todo el mundo por culpa del coronavirus. *El País*.
https://elpais.com/elpais/2020/04/27/planeta_futuro/1588002330_072445.html

- Geyer, R., Jambeck, J. R., y Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3, 25–29.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Jambeck, J. R., Ji, Q., Zhang, Y.-G., Liu, D., Grossnickle, D. M., y Luo, Z. X. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 764–768.
<https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- King, D., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2008). Making connections: Learning and teaching chemistry in context. *Research in Science Education*, 38, 365–384.
<https://doi.org/10.1007/s11165-007-9070-9>
- Koltzenburg, S., Maskos, M. y Nuyken, O. (2017). *Polymer Chemistry*. Springer.
- Moreno, A. (15 de enero de 2020). Las bolsas de papel no son más ecológicas que las de plástico. *El País*.
https://elpais.com/elpais/2020/01/14/buenavida/1579007063_227992.html
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín oficial del Estado*, 106, de 4 de mayo de 2006.
- López, M. (20 de abril de 2020). Cinco ciudades dejan pagar el transporte público con botellas de plástico. *El País*.
https://elpais.com/elpais/2019/04/16/planeta_futuro/1555415492_906513.html
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Microplastics in drinking-water*.
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/
- Palomo, A. (14 de marzo de 2019). Reciclar no es suficiente. *El País*.
https://elpais.com/elpais/2019/03/13/planeta_futuro/1552475728_168921.html
- Planelles, M. (2 de junio de 2019). Asia se rebela contra los residuos plásticos de los países desarrollados. *El País*.
https://elpais.com/sociedad/2019/05/31/actualidad/1559333457_551118.html
- PlasticsEurope. (2011). *Impacto de los envases de plástico en el consumo de energía y las emisiones de gases invernadero a lo largo del ciclo de vida en Europa*.
<https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/326-impacto-de-los-envases-de-plastico-en-el-consumo-de-energia-y-las-emisiones-de-gases-invernadero-lo-largo-del-ciclo-de-vida-en-e>

PlasticsEurope. (2019). *Plásticos: Situación en 2019*.

<https://www.plasticseurope.org/es/newsroom/neuigkeiten/plasticos-situacion-en-2019>

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín oficial del Estado*, 3, de 3 de enero de 2015.

Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín oficial del Estado*, 266, de 6 de noviembre de 2007.

Regis, M., Bellare, A., Pascolini, T., y Bracco, P. (2017). Characterization of thermally annealed PEEK and CFR-PEEK composites: Structure-properties relationships. *Polymer Degradation and Stability*, 136, 121–130.
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.12.005>

Tuya, M. (12 de diciembre de 2019). PET, PVC, PS... ¿qué tipos de plásticos se pueden reciclar y cuáles no? *20 minutos*.
<https://www.20minutos.es/noticia/4085684/0/que-tipos-plastico-pueden-reciclar/>

10. ANEXOS

10.1. Ficha para clasificar materiales

Para la actividad planteada en la sesión 2 se les proporcionará a los alumnos una ficha para rellenar información sobre cada material que hayan traído a la actividad. En la Tabla 7 se incluye un ejemplo del formato de esta ficha.

Tabla 7. Ficha para completar dentro de la actividad "clasificando materiales".

Clasificando materiales			
	Menor	Intermedio	Mayor
Densidad			
Rigidez			
Elasticidad			
Precio			
T de fusión			
Objeto metálico			
Descripción del objeto			
Justifica la elección del material			
¿Se podría haber realizado con otra familia de materiales?			
Objeto cerámico			
Descripción del objeto			
Justifica la elección del material			
¿Se podría haber realizado con otra familia de materiales?			
Objeto polimérico			
Descripción del objeto			
Justifica la elección del material			
¿Se podría haber realizado con otra familia de materiales?			

10.2. “Fabricando medias”

Reactivos necesarios:

- Hidróxido de sodio
- Hexametilendiamina
- Cloruro de adipilo
- Ciclohexano
- Fenolftaleína (opcional)

Material necesario:

- 2 probetas de vidrio (10 o 25 mL)
- 2 vasos de precipitados para todo el aula y 1 vaso de precipitados para cada grupo reducido (si tenemos 5 grupos, serán necesarios 7 vasos de precipitados)
- 1 espátula por cada grupo reducido
- Papel, para depositar el nylon y secarlo (papel de filtro, por ejemplo)
- Guantes, gafas y batas de laboratorio

Desarrollo de la práctica:

Previamente, el docente tiene que preparar las disoluciones de partida. Así, es necesario preparar una disolución al 5% en peso de hexametilendiamina en agua, una disolución al 5% en peso de cloruro de adipilo en ciclohexano y una disolución de hidróxido de sodio al 20% en peso.

En la sesión con los alumnos, el procedimiento que deberán seguir es el siguiente:

1. Medir en una probeta 10 mL de la disolución de hexametilendiamina en agua. Transferir esos 10 mL a un vaso de precipitados, y añadir unas 20 gotas de la disolución de hidróxido de sodio. Si hay disponible, añadir unas gotas de fenolftaleína para que la disolución se vuelva magenta y sea más fácil apreciar las fases que se formarán en el siguiente paso.
2. Medir en otra probeta 10 mL de la disolución de cloruro de adipilo y añadirla al vaso de precipitados con cuidado, gota a gota a poder ser y tocando las paredes para que las dos fases (acuosa y orgánica) se mantengan separadas.

3. El polímero se estará formando en la interfase que separa ambas disoluciones. Se podrá extraer con la espátula y se podrá ir enrollando en una varilla (Figura 4) o estirando a lo largo de la mesa. Hay que tener cuidado de que la masa de polímero que se extrae no toque las paredes del vaso e ir extrayéndola a la velocidad adecuada, ya que sino el hilo se romperá y habrá que empezar de nuevo.
4. Según se va extrayendo el hilo es recomendable lavarlo con un poco de agua y dejarlo secar sobre papel. De esta manera al finalizar la práctica los alumnos se pueden llevar a sus casas el polímero que han sintetizado.

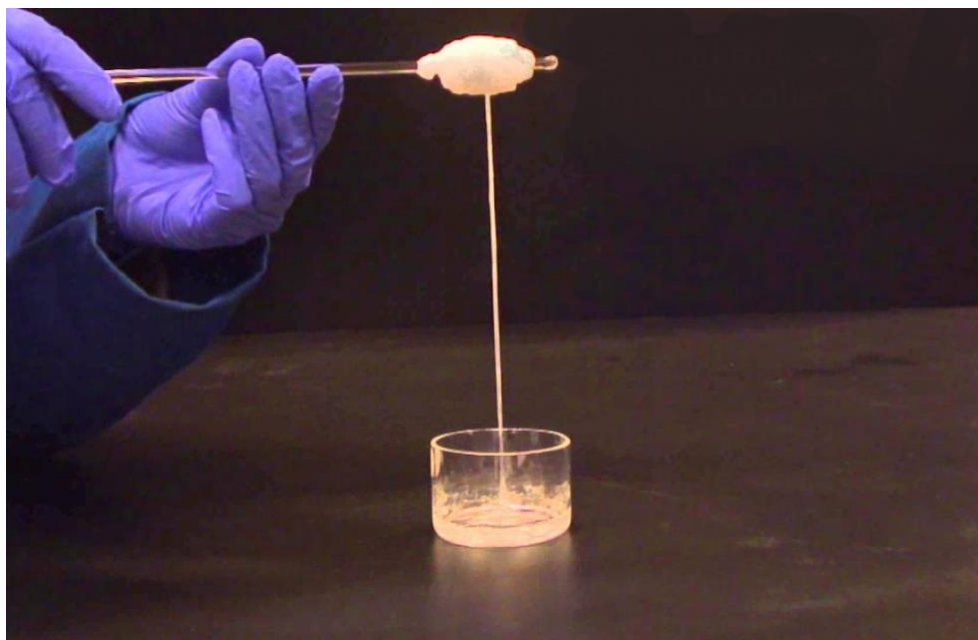


Figura 4. Ejemplo del proceso de recogida del nylon obtenido.

10.3. “La cara oculta del reciclaje”

Para esta actividad, se llevarán al aula ejemplos de materiales que podemos encontrar en los tres contenedores principales de reciclaje, incluyendo como mínimo aquellos que se recogen en la Tabla 8. Esta tabla se rellenará entre toda la clase, y por ello es importante que para el contenedor amarillo se traiga al menos un ejemplo de cada polímero que se presenta, ya que se corresponden con los números de reciclaje que se pueden encontrar en los envases (Figura 5). Posteriormente se proporcionará a los alumnos esta infografía.

Tabla 8. Materiales que podemos encontrar en cada uno de los contenedores.


Contenedor	Materiales
	<ul style="list-style-type: none">• Vidrio (sílice)
	<ul style="list-style-type: none">• Papel y cartón (celulosa)
	<ul style="list-style-type: none">• Polietilen tereftalato (PET)• Polietileno de alta densidad (HDPE)• Policloruro de vinilo (PVC)• Polietileno de baja densidad (LDPE)• Polipropileno (PP)• Poliestireno (PS)• Otros



Figura 5. Códigos empleados en los envases para identificar distintos polímeros empleados, así como ejemplos de materiales que los incluyen (Tuya, 2019).